

ارائه مدلی تجویزی جهت انجام تحقیقات در مهندسی نرم افزار

پویان جمشیدی

کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی صنایع

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تهران، ایران

p.jamshidi@aut.ac.ir

چکیده:

در بسیاری از علوم به ویژه علوم طبیعی فرآیند مشخص و تعریف شده ای جهت انجام تحقیقات وجود دارد و حتی دستورالعمل ها و راهنماهای متعددی به منظور ارزیابی این تحقیقات عرضه شده است. با این وجود در مهندسی نرم افزار چارچوب و الگوی مشخص و صریحی جهت انجام تحقیقات به صورت انسجام یافته و نظام مند شناسایی و تشریح نشده است. تحقیقات در حوزه های مختلف علوم و مهندسی به وسیله سوالات پاسخ داده شده، روش تحقیق انتخاب شده و نیز معیارهای ارزیابی نتایج آن، مشخص و متمایز می گردد. در این کار تحقیقاتی به ارائه مشخصه های تحقیقات در حوزه مهندسی نرم افزار در قالب الگویی نظام یافته مشتمل بر ماهیت تحقیقات این حوزه، نتایج ممکن و روشهای اعتبار سنجی مناسب، پرداخته می شود. همچنین فرآیندی تجویزی جهت انجام فعالیتهای پژوهشی در این حوزه ارائه شده است. فهم و بکارگیری این چارچوب به مهندسی نرم افزار جهت طراحی کارهای تحقیقاتی و نیز ارائه نتایج شفاف و گزارشات ارزیابی مناسب، کمک می نماید و باعث متمایز نمودن تحقیقات این رده از علوم رایانه می گردد. چارچوب ارائه شده با بررسی و مطالعه موردی ۱۰۰ مقاله در حوزه مهندسی نرم افزار که در مجله های معتبر انتشار یافته است، شکل گرفته و اعتبار و صحت آن نیز در ۷ پروژه تحقیقاتی سنجیده شده است.

واژه های کلیدی: الگوی پژوهش، طراحی پژوهش، اعتبار سنجی، مهندسی نرم افزار، راهبرد پژوهش.

۱- مقدمه

در بسیاری از شاخه های علوم و مهندسی الگوی پژوهش به صورت صریح مشخص شده است. این الگوها نه تنها به عنوان راهنمایی جهت بهره برداری محققان است، بلکه سایرین نیز از نتایج آنها بهره مند می شوند. پذیرش نتایج این تحقیقات بستگی به فرآیند احراز نتایج و نیز تحلیل آنها دارد و استفاده از الگوهای از پیش تعیین شده کمک شایانی به این موضوع مینماید. در حالیکه مهندسی نرم افزار دارای این گونه از دستورالعمل های نظام یافته و شناخته شده نمی باشد.

محققین مهندسی نرم افزار به ندرت الگو و روش تحقیقاتی خود و نیز استانداردهای ارزیابی کیفیت نتایج را مستند مینمایند. در سال ۱۹۸۰ در یک کار تحقیقاتی [1] ارتباط بین مهندسی با زیر ساختهای فناوری

آن بررسی، همچنین الزامات مهندسی نرم افزار و مراحل تکامل آن طرح ریزی شده است. در سالهای ۱۹۸۴ و ۱۹۸۵ مدل تکامل فناوریهای مهندسی نرم افزار از شکل گیری ایده تا عملیاتی شدن آن ایده ارائه شده است [2,3]. اخیراً محققین مهندسی نرم افزار، فعالیتهای این حوزه منجمله نقص در جمع آوری داده ها، تحلیل، و ارائه گزارش نتایج کارهای تحقیقاتی تجربی را مورد نقد قرار داده اند [4-7]. در سال ۲۰۰۱ طرح مقدماتی یک الگوی موفق جهت ارائه تحقیقات در یکی از شاخه های مهندسی نرم افزار (معماری نرم افزار) ارائه شده است [8]. در سال ۲۰۰۲ این الگو به صورت عمومی تر و ساختار یافته تر به منظور انجام این گونه تحقیقات توسط همان نویسنده ارائه شده است [9]. در همین سال در یک کار پژوهش [10] با مطالعه مقاله های چندین مجله معتبر در ۵ سال پیاپی در این حوزه موضوعات این زمینه، رویکردهای تحقیقاتی، روشهای تحقیق، زمینه های مرجع، و تحلیل نتایج مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج مربوطه به صورت تحلیلهای آماری به دست آمده است. در سال ۲۰۰۳ در یک کار مرتبط [11] با آوردن مثالهای تحلیلی از کنفرانس معتبر ICSE 2002 و رهنمون هایی جهت ارزیابی مقالات، تحلیلهایی مشابه کار قبلی ولی با چارچوبی متفاوت عرضه شده است. در سال ۲۰۰۵ در یک کار پژوهشی [12]، تحقیقات در حوزه مهندسی نرم افزار از دو بعد مهندسی و علمی بررسی شده است. در این کار، الگوی تحقیقاتی و نیز روشهای تحقیقاتی هر یک از دو بعد معرفی و تفاوتهای هر یک تشریح شده است. در همان سال در یک کار تحقیقاتی [13] در این حوزه، رویکرد تحقیقاتی کار خود را با بررسی فلسفه های تحقیقاتی مختلف و همچنین راهبردهای تحقیقاتی این حوزه و نیز ابزارهای مورد استفاده عرضه کرده است. در سال ۲۰۰۶ در یک کار پژوهشی [14] یک روش ترکیبی انجام تحقیقات مهندسی نرم افزار ارائه شده است. در این کار شرایط بکارگیری همزمان دو رویکرد کمی و کیفی در یک تحقیق مهندسی نرم افزار تشریح و ارائه شده است.

در کارهای مطرح شده کمبود فرآیند مشخص و تصریح شده ای جهت انجام دادن و مدیریت چرخه حیات کار پژوهشی ارائه نشده است، که در این مقاله صراحتاً با توسعه کارهای پیشین به این مهم پرداخته میشود. یک مقاله تحقیقاتی مناسب می بایست به سوالات ذیل پاسخی روشن داده باشد [11]:

- سهم علمی مقاله

می‌گردد، تشریح شده است. سهم علمی این کار پژوهشی در این قسمت متمرکز شده است.

۱-۲ نوع و ماهیت پژوهش

محققین این حوزه به دنبال یافتن روشهای توسعه و ارزیابی نرم افزار، جزئیات طراحی و توسعه یک راه حل خاص، مدل‌هایی که مشخصه های انواع خاصی از سیستمها را در بر داشته باشد، امکان سنجی راه حل یا سیستمی خاص، می‌باشند. این تقسیم بندی به همراه مثالهای مربوطه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱): انواع پژوهش های مهندسی نرم افزار

نوع و ماهیت پژوهش	مثال
شیوه توسعه	چگونه میتوانیم انجام بدهیم/تولید کنیم/تغییر دهیم، تکامل بخشیم؟
شیوه ارزیابی	چگونه میتوانیم کیفیت و صحت را ارزیابی نماییم؟
توسعه یا ارزیابی یک نمونه	چگونه میتوانیم بین محصولات مختلف تمایز قابل شویم؟ چه راه بهتری جهت طراحی، پیاده سازی، نگهداری و بهره برداری نمونه خاص وجود دارد؟
تعمیم یا توصیف	خواص نمونه مورد نظر چه میباشد؟ چه مدلی جهت توصیف یک پدیده وجود دارد؟ مشخصه های پدیده مورد نظر چه میباشند؟
امکان سنجی	آیا راهی جهت انجام وجود دارد؟ آیا پدیده مورد نظر وجود دارد؟ پدیده مورد نظر دارای چه خواصی میباشد؟

۲-۲ نتایج پژوهش

نتایج پژوهش های مهندسی نرم افزار که در جدول (۲) نشان داده شده اند، عموماً روال توسعه و یا تکنیکهای تحلیل، مدل‌های توصیفی، ابزار، و یا راه حلی خاص منظوره می‌باشد.

جدول (۲): انواع نتایج پژوهش های مهندسی نرم افزار

نتایج یا محصولات	مثال
روال یا روش	یک راه جدید یا بهتر جهت انجام فعالیتهای طراحی، پیاده سازی، اندازه گیری، ارزیابی
مدل کیفی یا تشریحی	ساختار مساله، الگوی معماری، چارچوب، الگوی طراحی
مدل تجربی	مدل پیشگویانه تجربی بر اساس داده های مشاهده شده
مدل تحلیلی	مدل های ساختاری جهت تحلیل‌های رسمی
ابزار یا نماد	زبان رسمی جهت پشتیبانی از یک مدل یا روش، ابزار پیاده سازی شده یک روش
راه حل مورد خاص	راه حل یک کاربرد یا مساله خاص جهت نشان دادن قابلیت‌های تکنیکهای مهندسی نرم افزار
گزارش	تشریح قاعده تجربی که امکان تشریح آن به صورت مدل کیفی وجود ندارد.

۳-۲ روشهای اعتبار سنجی پژوهش

جدول (۳) لیستی از انواع روش های اعتبار سنجی که در پژوهش های مهندسی نرم افزار بکارگرفته میشود به همراه ذکر مثالهای مربوطه، آورده شده است.

- به چه سوالاتی جواب داده شده است؟
- به چه دلیلی خواننده باید آنرا بخواند؟

• ارائه نتایج

- نتایج این کار تحقیقاتی باعث گسترده کردن چه حوزه هایی از دانش میگردد؟
- نتایج این کار تحقیقاتی چه ارتباطی با کارهای مرتبط پیشین دارد؟
- نتایج این کار تحقیقاتی چه ارزش افزوده ای نسبت به کارهای پیشین ایجاد مینماید؟

• ارزیابی نتایج

- از چه استانداردی جهت ارزیابی کردن ادعاهای مطرح شده استفاده شده است؟
- از چه مدارک مستدلی جهت نشان دادن صحت ادعاها استفاده شده است؟

در این کار تحقیقاتی مدلی تجویزی در قالب چارچوبی مدون جهت انجام پروژه های تحقیقاتی حوزه مهندسی نرم افزار ارائه میشود. در این مقاله فلسفه های کارهای تحقیقاتی مهندسی نرم افزار، مطرح، انواع تحقیقات و محصولات آنها، دسته بندی، رویکردها و نحوه انجام آنها، بررسی، و روشهای معتبر و صحیح اعتبار سنجی نتایج و نیز فرآیند طراحی پژوهش ارائه میگردد. در نهایت خود این کار تحقیقاتی توسط مهندسين نرم افزار، متخصصین منتخب، و محققین این حوزه مورد ارزیابی قرار گرفته و اعتبار چارچوب ارائه شده سنجیده شده است. هدف نهایی و غایی این کار پژوهشی که گسترش یافته کار [11] میباشد، ارتقاء کیفی پروژه های تحقیقاتی حوزه مهندسی نرم افزار از طریق ارائه چارچوب و الگویی جهت پاسخ دادن به سوالات پیشین در حوزه مهندسی نرم افزار میباشد. چارچوب ارائه شده با بررسی و مطالعه موردی ۱۰۰ مقاله در حوزه مهندسی نرم افزار که در مجله های معتبر ACM و IEEE در سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ انتشار یافته است، شکل گرفته و اعتبار و صحت آن نیز در ۷ پروژه تحقیقاتی مستقل سنجیده شده است.

۲- الگوی پژوهش پیشنهادی

جهت انجام دادن هر پژوهشی در هر زمینه ای بکارگیری الگوهای از پیش تعریف شده ضروری می‌نماید. مفهوم الگو به معنای مدلی از پدیده ای میباشد که نشان میدهد آن پدیده چگونه ساخته می‌شود. در این قسمت الگویی جهت انجام پژوهش در حوزه مهندسی نرم افزار ارائه شده است. در این الگو ابتدا ماهیت پژوهش و انواع سوالات مطرح در این زمینه ارائه، سپس انواع نتایج ممکن که منتج به ایجاد دانش جدیدی در این حوزه میگردد آورده می‌شود. سپس روش های اعتبار سنجی و تصدیق نتایج ارائه می‌گردد. در خاتمه فرآیند پیشنهادی انجام تحقیقات که بر اساس آن تحقیقات این حوزه طراحی، اجرا و مدیریت

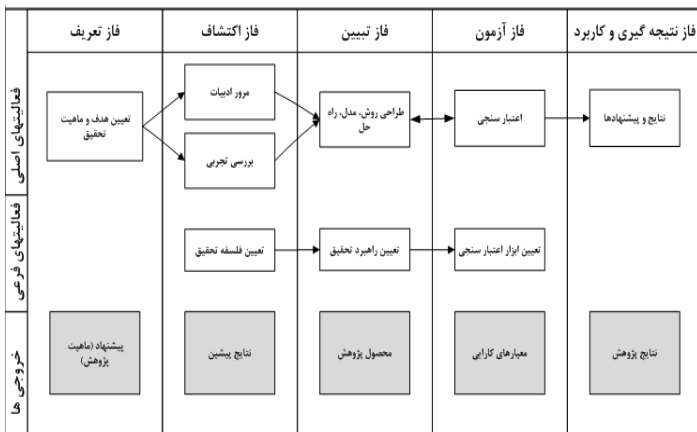
آوری و تحلیل داده ها در مورد نتایج تحقیق می باشد. راهبرد پژوهش نمایانگر طرح کلی جمع آوری و تحلیل داده ها میباشد و انتخاب راهبرد مناسب بستگی به ماهیت پژوهش دارد. ابزار اعتبار سنجی نیز وسیله جهت سنجش و ارزیابی نتایج بدست آمده میباشد.

جدول (۵): انواع رویکردها

رویکرد	لایه
اثبات گرایی، تفسیر گرایی	فلسفه پژوهش
استدلال قیاسی، استدلال استقرایی	راهبرد پژوهش
روش رسمی، روش تجربی، بررسی موردی، بررسی عمل نگر	ابزار اعتبار سنجی

۶-۲ فرآیند پیشنهادی

انجام تحقیقات در هر حوزه ای اگر در چارچوب نظام مند و توسط روالی مشخص صورت بپذیرد، میتواند از طریق ایجاد نتایج قابل اطمینان و موثر، باعث پیشرفت و تکامل آن گردد. در این قسمت با ارائه فرآیند(شکل (۱)) انجام تحقیقات در حوزه مهندسی نرم افزار و تشریح مراحل آن زمینه برای ایجاد چارچوبی نظام مند مهیا میشود.



شکل (۱): فرآیند طراحی پژوهش

۳- اعتبار سنجی الگو

در این قسمت به سنجش اعتبار چارچوب پیشنهادی بر اساس ارزیابی محققین و استفاده کنندگان آن پرداخته میشود. از این چارچوب در ۷ پروژه تحقیقاتی(جدول (۶)) در زمینه مهندسی نرم افزار استفاده شده است.

جدول (۶): لیست پروژه های تحقیقاتی

ردیف	نام	ماهیت	محصول	اعتبار سنجی
۱	تمیسا ۱	شیوه تولید	روال	آزمون
۲	تمیسا ۱	شیوه تحلیل و طراحی	روال، روش	مثال
۳	تمیسا ۲	توصیف	مدل تشریحی	ارزیابی
۴	تمیسا ۳	شیوه ارزیابی	ابزار	آزمون
۵	تمیسا ۳	توسعه یک نمونه	راه حل	آزمون
۶	EEAT	شیوه	روش	آزمون، مثال
۷	EBM to ESM	شیوه، تعمیم	روال، مدل	آزمون، مثال

جدول (۳): انواع روشهای اعتبار سنجی در مهندسی نرم افزار

روش اعتبار سنجی	مثال	تعداد بکارگیری
تحلیل	استنتاج دلایل، شرایط کنترل شده، نتایج آماری دقیق	۳۹
آزمون	کاربرد نتایج در یک مثال واقعی توسط استفاده کنندگان آن نتایج	۴۷
مثال	کاربرد نتایج در یک مثال ساختگی توسط محقق	۱۱
ارزیابی	تشریح پدیده، دلایل پیشگویی مدل تجربی	۳
مقاعد سازی	مثال غیر واقعی و عمدتاً غیر مرتبط با تحلیل ناکافی	۰

کارترین و موفقترین روشهای اعتبار سنجی بر اساس بررسی های به عمل آمده دو روش تحلیل و آزمون میباشد. با مطالعه ۱۰۰ مقاله از انتشارات دو سال اخیر یعنی سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ مجلات ACM و IEEE در مهندسی نرم افزار این نتیجه گیری حاصل شده است و تعداد مقالاتی که کار خود را با انواع روش های ذکر شده سنجیده بوده اند در جدول (۳) آمده است.

۴-۲ الگوهای مشاهده شده

جهت تعیین الگوهای رایج، ۱۰۰ مقاله معتبر در این حوزه که پیشتر ذکر شده است، مطالعه و بررسی و نتایج آن در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۴): الگوهای پژوهش در مهندسی نرم افزار

ماهیت پژوهش	نتایج یا محصولات	اعتبار سنجی	تعداد مقالات
شیوه توسعه	روال یا روش	تحلیل	۵
شیوه توسعه	روال یا روش	آزمون	۱۹
شیوه توسعه	روال یا روش	مثال	۱۰
شیوه توسعه	مدل کیفی	آزمون	۴
شیوه توسعه	مدل تحلیلی	آزمون	۳
شیوه توسعه	ابزار یا نماد	آزمون	۲
شیوه ارزیابی	روال یا روش	تحلیل	۱۷
شیوه ارزیابی	روال یا روش	ارزیابی	۲
شیوه ارزیابی	روال یا روش	آزمون	۵
شیوه ارزیابی	روال یا روش	مثال	۱۱
شیوه ارزیابی	مدل تحلیلی	آزمون	۳
شیوه ارزیابی	مدل تحلیلی	مثال	۶
شیوه ارزیابی	ابزار یا نماد	تحلیل	۲
توسعه نمونه	راه حل مورد خاص	تحلیل	۷
توسعه نمونه	راه حل مورد خاص	مثال	۴

۵-۲ جنبه های عمومی پژوهش

در انجام فعالیتهای پژوهشی بعضی از جنبه ها و پارامترها عمومی هستند و مختص حوزه خاصی نمیشوند. لذا میبایست با تعیین رویکرد مناسب در مراحل اولیه پژوهش، انجام آنرا را شفاف نمود.

لایه های مختلف تحقیقات [15] که در فرآیند انجام آن تعیین میشود در جدول (۵) نشان داده شده است. فلسفه پژوهش نمایانگر روش جمع

در نظر است با اضافه کردن مدل هایی نظیر تکامل قابلیت فعالیتهای پژوهشی و ساختارهای نوشتاری آن را بهبود داد.

۵- مراجع

- [1] Shaw, M. *Prospects for an engineering discipline of software*, IEEE Software, November 1990, pp. 15-24.
- [2] Redwine, S., and et al. *DoD Related Software Technology Requirements, Practices, and Prospects for the Future*, IDA Paper P-1788, June 1984.
- [3] Redwine, S., and Riddle, W. *Software technology maturation.*, Proceedings of the Eighth International Conference on Software Engineering, pp. 189-200, May 1985.
- [4] Tichy, W. F., Lukowicz, P., Prechelt, L., and Heinz, E. A., Experimental evaluation in computer science: A quantitative study., *Journal of Systems Software*, 28, 1 (1995), 9-18.
- [5] Walter, F.T. should computer scientists experiment more? 16 reasons to avoid experimentation, *IEEE Computer*, 31, 5 (May 1998).
- [6] Zelkowitz, M.V., and Wallace, D. Experimental validation in software engineering, *Information and Software Technology*, 39, 11 (1997), 735-744.
- [7] Zelkowitz, M.V., and Wallace, D. Experimental models for validating technology. *IEEE Computer*, 31, 5 (1998), 23-31.
- [8] Shaw, M. *The coming-of-age of software architecture research*. Proc. 23rd International Conference on Software Engineering, pp. 656-664a, 2001.
- [9] Shaw, M., *What makes good research in software engineering?*, Int'l Jour on Software Tools for Tech Transfer, 4 (June 2002).
- [10] Glass, R.L., Vessey, I., and Ramesh, V. *Research in software engineering: an analysis of the literature*. Information and software technology, 44, pp. 491-506, 2002.
- [11] Shaw, M. *Writing Good Software Engineering Research Papers*. Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering, IEEE Computer Society, pp. 726-736, 2003.
- [12] Lázaro M., and Marcos, E. *Research in Software Engineering: Paradigms and methods*. Workshop on philosophical foundations of Information Systems Engineering, CAISE, Oporto, 2005, kybele.escet.urjc.es/PHISE05/papers/sesionIII/LazaroMarcos.pdf.
- [13] Stojanović, Z., *A Method for Component-Based and Service-Oriented Software Systems Engineering*, Doctoral Dissertation. Delft University of Technology, The Netherlands, ISBN: 90-9019100-3, 2005.
- [14] Lázaro, M., and Marcos, E. *An Approach to the Integration of Qualitative and Quantitative Research Methods in Software Engineering Research*. Philosophical Foundations on Information Systems Engineering, pp. 757-764, 2006.
- [15] Saunders, M., et al. *Research Methods for Business Students*, pp.82-98, Prentice-Hall, 2003.

نظرات پژوهشگران در پروژه های ذکر شده بعد از اتمام پروژه به وسیله پرسشنامه های تهیه شده، جمع آوری شده است. هدف این بررسی احراز ارزیابی های مستقل چارچوب پیشنهادی توسط پژوهشگرانی است که از این چارچوب در عمل استفاده کرده اند ولی در ساخت این چارچوب نقشی نداشته اند. جهت اخذ نظرات از مصاحبه های ساختار یافته استفاده شده است. این بررسی منتج به اخذ داده های کمی با کیفیت مناسب و غیر اریب شده، و امکان تحلیل های آماری را مهیا می-سازد. پرسشنامه تهیه شده که به صورت گزاره تنظیم شده است در جدول (۷) آمده است.

جدول (۷): نظرات استفاده کنندگان چارچوب

معیار	۱	۲	۳	۴	۵	np	m	sd
ساده و شفاف	۰	۰	۰	۴	۶	۱۰	۴,۶	۰,۲۴
نظام مند	۰	۰	۲	۵	۳	۸	۴,۱	۰,۴۹
انعطاف پذیر	۰	۰	۴	۴	۲	۶	۳,۴	۰,۷۲
مقیاس پذیر	۰	۱	۳	۲	۴	۶	۳,۹	۱,۰۹
عملی	۰	۰	۱	۲	۷	۹	۴,۶	۰,۴۴
موثر و کارا	۰	۰	۱	۴	۵	۹	۴,۴	۰,۴۴
هدفمند	۰	۰	۱	۱	۸	۹	۴,۷	۰,۴۱
صحت گرا	۰	۰	۰	۶	۴	۱۰	۴,۴	۰,۲۴
پوشش مسائل مهندسی نرم افزار	۰	۰	۰	۰	۱	۹	۴,۹	۰,۲۴
موثر در پیشبرد پژوهش	۰	۱	۱	۶	۲	۸	۳,۹	۰,۴۹
موثر در انجام	۰	۱	۲	۴	۳	۷	۳,۸	۰,۷۲

همانطور که در جدول (۷) مشاهده میشود، افراد شرکت کننده در این ارزیابی که مشتمل بر ۱۰ نفر می شوند، چارچوب ارائه شده را ساده و شفاف، نظام ند، انعطاف پذیر، به نسبت مقیاس پذیر، عملی، کارا، هدفمند، و صحت گرا ارزیابی کرده اند. همچنین این افراد معتقد هستند که چارچوب مسائل مختلف این حوزه را پوشش داده، و نیز در انجام و پیشبرد آن موثر بوده است.

۴- نتیجه گیری

چارچوب ارائه شده منعکس کننده الگوی تحقیقات در حوزه مهندسی نرم افزار است. این الگو شامل ماهیت پژوهش، نتایج ممکن، روش های اعتبار سنجی، همچنین فرآیند انجام پژوهش است. در این کار پژوهشی با بررسی مقاله های معتبر در این حوزه الگوهای پژوهشی شناسایی شده است. با به کار بردن این چارچوب در پروژه های تحقیقاتی حوزه مهندسی نرم افزار مشخص شد که در عین سادگی و تطبیق پذیر بودن، از لحاظ عملیاتی کارا، مقیاس پذیر و صحت گرا میباشد و میتوان آنرا در طراحی، پیشبرد، و جمع بندی تحقیقات آتی در این زمینه به راحتی استفاده نمود. شایان ذکر است این چارچوب در حال تکامل میباشد و